

應用範例 某工廠改裝既設泵浦設備並增設變頻器及控制系統

1. 專案說明：

既設冰水系統 8 台泵浦(A~H)僅能獨立進行起停控制(ON/OFF)，改裝泵浦 A 及泵浦 B 增設變頻器；改裝泵浦 D，更換葉輪下修其揚水量；改裝泵浦 F 及泵浦 H，更換驅動馬達提升效率；增設控制系統令泵浦 A、B 依需求進行多段揚水量調整，令 F、H 進行台數控制。

2. 適用條件：

本專案依循「TMS-II.006 風扇/泵浦導入變轉速控制、台數控制」方法，並符合下列適用條件—

- (1)針對廠內既設泵浦設備進行修改，裝設變頻控制、台數控制裝置，符合條件 1。
- (2)既設泵浦設備僅能進行起停控制(ON/OFF)，無法做出多階段調整，符合條件 2。
- (3)專案實施後，增設之控制裝置為全新設備，符合條件 3。
- (4)於既設冰水系統，不因進行原料、製程或生產環境等之變更，而使泵浦設備之動力需求大幅下降，符合條件 4。
- (5)專案實施前後，泵浦運轉之動力來源為電力，符合條件 5。
- (6)無論專案實施與否，既設泵浦設備皆能持續運作，符合條件 6。
- (7)既設泵浦設備之剩餘使用年限超過 10 年(大於計入期)，符合條件 7。
- (8)本專案每年節電量為 485,896kWh/y，小於 60,000,000kWh/y，符合條件 8。

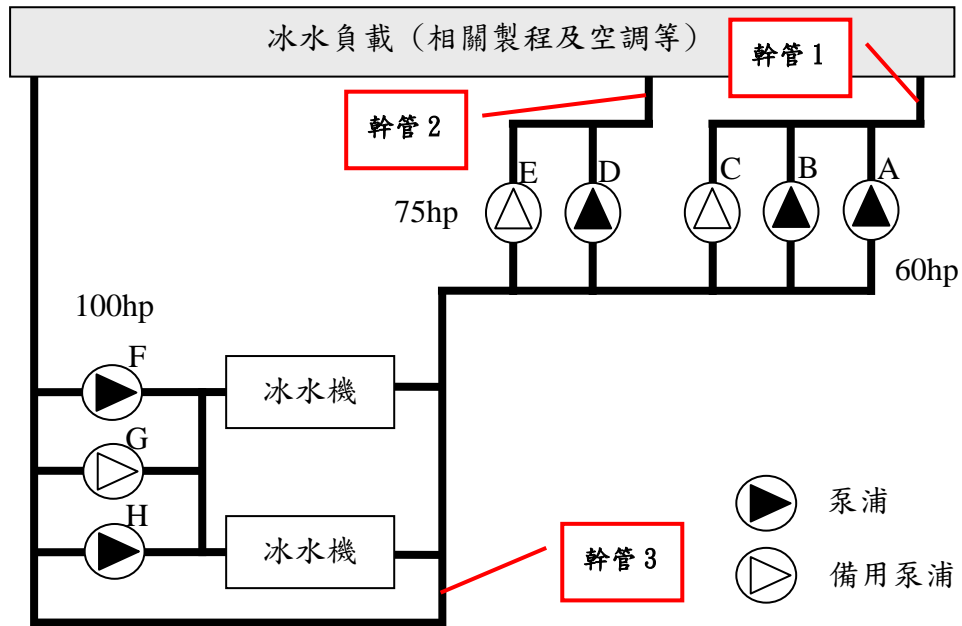
3. 專案執行邊界：

(1) 專案實施前

本專案依循「TMS-II.006 風扇/泵浦導入變轉速控制、台數控制」方法，並符合下列適用條件

- 廠內空調及製程用冰水系統設有冰水循環泵浦 8 台，一次側(主機側)設有 100hp 循環泵浦 3 台(F、G、H)，二次側泵浦(區域泵浦)共 5 台，2 台 75hp 製程用冰水循環泵浦(E、D)，3 台 60hp 空调用冰水循環泵浦(A、B、C)。

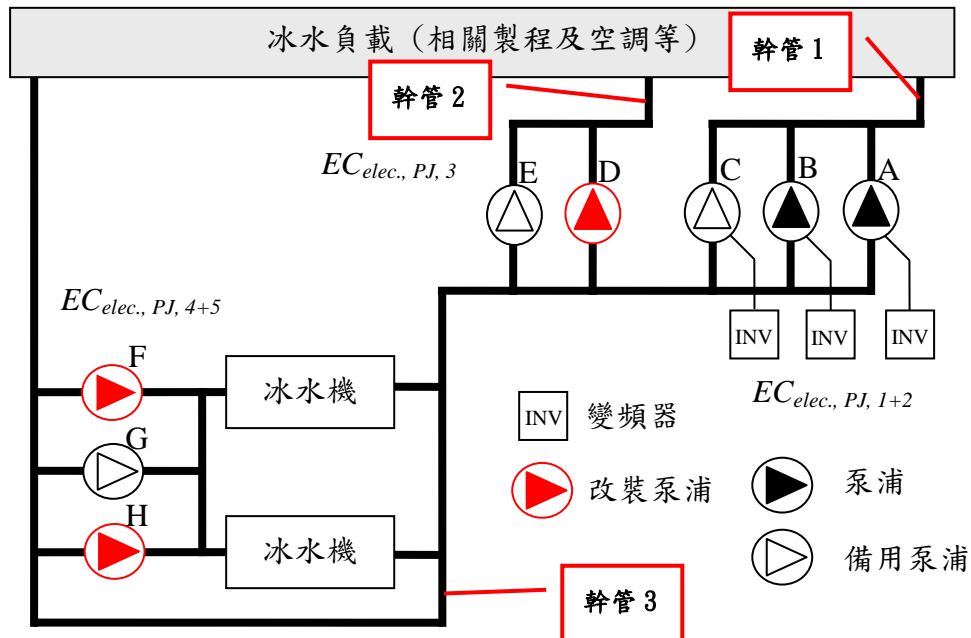
專案實施前邊界



(2) 專案實施後

- 於泵浦 A 及泵浦 B 增設變頻器及控制系統令泵浦 A、B 依需求進行多段揚水量調整；改裝泵浦 D，更換葉輪下修其揚水量；改裝泵浦 F 及泵浦 H，更換驅動馬達提升泵浦效率，並增設控制系統，令 F、H 進行台數控制。

專案實施後邊界



- 於基線情境與專案實施後，本專案活動因電力使用產生之溫室氣體種類包括 CO_2 、 CH_4 及 N_2O ，其中， CO_2 為主要的溫室氣體排放，專案邊界內之溫室氣體排放源鑑別如表 1 所示。

表 1 專案邊界內之溫室氣體排放源鑑別

溫室氣體	是否納入	說明
CO ₂	是	主要的溫室氣體排放
CH ₄	是	納入考量
N ₂ O	是	納入考量

4. 外加性說明：

- (1) 法規外加性：現行法令未針對風扇/泵浦效率提升進行規範。
- (2) 投資障礙分析：本案例參考 CDM 小規模外加性工具規範，以投資回收年限 (pay-back period) 作為投資分析計算基準，並以比較分析方式論述，由於國內尚未有一致之外加性量化指標，故以公司歷年投資容許風險(3 年)為比較基準(bench-mark)。經計算結果本專案投資回收年限為 3.2 年(>3 年)，具投資外加性。

$$\text{設備投資回收年限} = \frac{\text{設備投資費用(元)} - \text{政府相關補助(元)}}{\text{能源節省量(用量/年)} \times \text{單位能源價格(元)}} > 3 \text{年}$$

相關計算如下：

- 專案實施後，每年節約用電 485,896 度，每度電平均單價為 2.6 元(依據工廠 99 年度用電平均單價)。
- 預估本專案投資成本約 400 萬元(含導入控制設備及泵浦改裝費用)。
- 無政府補助經費。
- 設備投資回收年限 = $\frac{\$ \text{NTD}4,000,000 - \$ \text{NTD}0}{485,896 \text{kWh/y} \times \$ \text{NTD}2.6/\text{kWh}} \approx 3.2 \text{年} > 3 \text{年}$

註：未來產業於應用方法時，應依各專案實況選擇適合之外加性論述方式(如，採用其他投資分析方式(IRR、NPV)，提出專案經費籌措困難證明，或進行技術障礙、普遍性障礙及其他障礙論述等)。另，針對設備投資回收年限之計算方式與設定基準，亦應依各公司狀況、產業發展趨勢或專案實施當時政策等情況而定。

5. 基線排放量：

(1) 基線情境(廠內實際狀況)

- 廠內空調及製程用冰水系統設有冰水循環泵浦 8 台：一次側(主機側)設有 100hp 循環泵浦 3 台(F、G、H)；二次側泵浦(區域泵浦)共 5 台(2 台 75hp 製程用冰水循環泵浦(E、D)，3 台 60hp 空调用冰水循環泵浦(A、B、C))。既設泵浦設備僅能進行起停控制(ON/OFF)，無法做出多階段調整，其年運轉時數為 8,640 小時/年。

(2) 基線用電量

$$EC_{BL,y} = \sum_m EC_{m,BL,y}$$



$$EC_{m,BL,y} = \sum_n (W_{n,BL} \times T_{n,BL}) \times LF_{m,BL} \times k_m$$

$$k_m = \min\{1; T_{m,PJ}/T_{m,BL}\}$$

幹管 1(包含泵浦 1,2) : $W_{1,BL}$ 及 $W_{2,BL}$ 為額定值，專案實施前實測流量值 $Q_{1,BL}$ =10,000LPM， $Q_{1,S}$ =10,000LPM(=5,000 LPM+5,000 LPM)， $LF_{1,BL}$ =1。 $k = T_{幹管 1,PJ} / T_{1,BL} = 0.986$ 。

$$\begin{aligned} EC_{1,BL,y} &= (W_{1,BL} \times T_{1,BL} + W_{2,BL} \times T_{2,BL}) \times LF_{1,BL} \times k_1 \\ &= (44.7 \text{ kW} \times 8,640 \text{ h} + 44.7 \text{ kW} \times 8,640 \text{ h}) \times 1 \times (8,520 \text{ h} \div 8,640 \text{ h}) \\ &= 761,688 \text{ kWh} \end{aligned}$$

幹管 2(包含泵浦 3) : $W_{3,BL}$ 為額定值，專案實施前實測流量值 $Q_{2,BL}$ =6,000LPM， $Q_{2,S}$ =6,000LPM， $LF_{2,BL}$ =1。 $T_{2,PJ}$ =4,480h > $T_{1,BL}$ =4,160 h， k_2 =1。

$$\begin{aligned} EC_{2,BL,y} &= (W_{3,BL} \times T_{3,BL}) \times LF_{2,BL} \times k_2 \\ &= 55.9 \text{ kW} \times 4,160 \text{ h} \times 1 \times 1 \\ &= 232,544 \text{ kWh} \end{aligned}$$

幹管 3(包含泵浦 4,5) : $W_{4,BL}$ 及 $W_{5,BL}$ 為實測值， $LF_{3,BL}$ =1。 $k_3 = T_{3,PJ} / T_{3,BL} = 0.986$ 。

$$\begin{aligned} EC_{3,BL,y} &= (W_{4,BL} \times T_{4,BL} + W_{5,BL} \times T_{5,BL}) \times LF_{3,BL} \times k_3 \\ &= (74.6 \text{ kW} \times 8,640 \text{ h} + 74.6 \text{ kW} \times 8,640 \text{ h}) \times 1 \times (8,520 \text{ h} \div 8,640 \text{ h}) \\ &= 1,271,184 \text{ kWh} \end{aligned}$$

註： $T_{3,PJ} = \text{Max}(T_{順位 1} = 8,520 \text{ h/y}, T_{順位 2} = 5,680 \text{ h}) = 8,520 \text{ h}$

基線用電量(合計 3 組泵浦)

$$EC_{1,BL,y} + EC_{2,BL,y} + EC_{3,BL,y} = 2,265,416 \text{ kWh}$$

專案實施前設備規格及運轉時數彙整如表 2 所示：

表 2 專案實施前設備規格及運轉時數彙整

參數	-			$W_{n,BL}$		$T_{n,BL}$			$T_{n,PJ}$	k_m
	設備代號	設備編號	馬力數	額定功率	測量功率	專案實施前日運轉時數	專案實施前年運轉日數	專案實施前年運轉時數	專案實施後年運轉時數	調整因子
單位	-	-	hp	kW	kW	h/d	d	h	h	
數值	A	1	60	44.7	-	24	360	8,640	8,520	0.986
	B	2	60	44.7	-	24	360	8,640	8,520	
	C	-	60	44.7	-	-	-	-	-	-
	D	3	75	55.9	-	16	260	4,160	4,160	1
	E	-	75	55.9	-	-	-	-	-	-
	F	4	100	74.6	74.6	24	360	8,640	8,520	0.986
	G	-	100	74.6	-	-	-	-	-	-
	H	5	100	74.6	74.6	24	360	8,640	5,680	-

(3) 基線排放量

$$\begin{aligned}
 BE_y &= EC_{BL,y} \times EF_{ELEC} \div 1,000 \text{ (kg/t)} \\
 &= 2,265,416 \text{ kWh} \times 0.536 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/t} \\
 &= \underline{1,214} \text{ tCO}_2\text{e}
 \end{aligned}$$

6. 專案實施後之排放量：

(1) 專案實施後之能源使用量

幹管 1(包含泵浦 1,2)：專案實施增設變頻器，令泵浦 A、B 依空調冰水需求進行多階段控制或無段控制，如表 3 所示。

表 3 專案實施後設備規格及運轉時數彙整(泵浦 1,2)

參數	-	n	-	$W_{n,PJ}$		Q_{PJ}	$T_{n,PJ}$		
定義	設備代號	設備編號	馬力數	額定功率	測量功率	專案實施後幹管 1 流量	專案實施後日運轉時數	專案實施後年運轉日數	專案實施後年運轉時數
單位	-	-	hp	kW	kW	LPM	h	d	h
數值	A	1	60	44.7	-	7,900	24	355	8,520
	B	2	60	44.7	-		24	355	8,520

專案實施前實測流量值 $Q_{1,BL}=10,000\text{LPM}$ ，專案實施後實測流量值 $Q_{1,PJ}=7,900\text{LPM}$ 。

$$EC_{m,PJ,y} = \sum_n (W_{n,PJ} \times T_{n,PJ}) \times LF_{m,PJ} \times k_m$$

$$\begin{aligned}
 EC_{1,PJ,y} &= \sum (W_{1,PJ} \times T_{1,PJ} + W_{2,PJ} \times T_{2,PJ}) \times LF_{1,PJ} \times k_l \\
 &= [(44.7 \text{ kW} \times 8,520\text{h}) + (44.7 \text{ kW} \times 8,520\text{h})] \times (7,900\text{LPM} \div 10,000 \text{ LPM}) \times 0.986 \\
 &= 593,310 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

幹管 2(包含泵浦 3)：專案實施改裝泵浦 D，設備依製程冰水需求進行 ON/OFF 控制(控制方式同專案實施前)，藉更換泵浦葉輪下修其揚水量。

表 4 專案實施後設備規格及運轉時數彙整(泵浦 3)

參數	-	n	-	$W_{n,BL}$	$Q_{m,BL}$	$Q_{m,PJ}$	$T_{n,PJ}$		
定義	設備代號	設備編號	馬力數	額定功率	專案實施前流量	專案實施後流量	專案實施後日運轉時數	專案實施後年運轉日數	專案實施後年運轉時數
單位	-	-	hp	kW	LPM	LPM	h	d	h
數值	D	3	75	55.9	6,000	5,000	16	280	4,480

$$\begin{aligned}
 EC_{2,PJ,y} &= W_{3,PJ} \times T_{3,PJ} \times LF_{2,PJ} \times k_2 \\
 &= 55.9 \text{ kW} \times 4,480 \text{ h} \times (5,000\text{LPM} / 6,000\text{LPM}) \times 1
 \end{aligned}$$



$$=208,693 \text{ kWh}$$

幹管 3(包含泵浦 4,5)：專案實施改裝泵浦 F 及 H，更換驅動馬達，提升泵浦效率，增設控制系統令泵浦依空調冰水及製程冰水需求進行台數控制。

表 5 專案實施後設備規格及運轉時數彙整(泵浦 4,5)

參數	-	<i>n</i>	-	$W_{n, PJ}$		$T_{n, PJ}$		
定義	設備代號	設備編號	馬力數	額定功率	測量功率	專案實施後日運轉時數	專案實施後年運轉日數	專案實施後年運轉時數
單位	-	-	hp	kW	kW	h	d	h
	F	4	95	70.8	70.8	24	355	8,520
	H	5	95	70.8	70.8	16	355	5,680

$$LF_{3, PJ} = \frac{(W_{4, PJ} \times T_{4, PJ}) + (W_{5, PJ} \times T_{5, PJ})}{(W_{4, BL} \times T_{4, BL}) + (W_{5, BL} \times T_{5, BL})}$$

$$= [(70.8 \text{ kW} \times 8,520 \text{ h/y}) + (70.8 \text{ kW} \times 5,680 \text{ h})] / [(74.6 \text{ kW} \times 8,640 \text{ h}) + (74.6 \text{ kW} \times 8,640 \text{ h})] = 0.7799$$

$$EC_{3, PJ, y} = EC_{BL, 4+5} \times LF_{3, PJ} \times k_3$$

$$= 1,271,184 \text{ kWh} \times 0.7799 \times 0.986$$

$$= 977,517 \text{ kWh}$$

專案實施後之用電量(合計 3 組泵浦)

$$EC_{1, PJ, y} + EC_{2, PJ, y} + EC_{3, PJ, y} = 1,779,520 \text{ kWh}$$

(2) 專案實施後之排放量

$$PE_y = EC_{PJ, y} \times EF_{ELEC} \div 1,000 \text{ kg/t}$$

$$= 1,779,520 \text{ kWh} \times 0.536 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/t}$$

$$= 954 \text{ tCO}_2\text{e}$$

7. 洩漏量：

本專案泵浦設備之效率提升，並非由其他設備轉入或由專案中轉移出去，故依減量方法「TMS-II.006 風扇/泵浦導入變轉速控制、台數控制」並無洩漏產生。

8. 排放減量：

(1) 單一年度排放減量

$$ER_y = BE_y - (PE_y + LE_y)$$

$$= 1,214 \text{ tCO}_2\text{e} - (954 \text{ tCO}_2\text{e} + 0)$$

$$= 260 \text{ tCO}_2\text{e}$$

相關計算參數彙整如表 6 所示：

表 6 排放減量計算參數彙整表

參數	定義	單位	數值
ER_y	y 年之排放減量	tCO ₂ e	260
BE_y	y 年之基線排放量	tCO ₂ e	1,214
PE_y	y 年之專案排放量	tCO ₂ e	954
LE_y	y 年之洩漏排放量	tCO ₂ e	0

(2)計入期計算摘要

本專案依據環保署「溫室氣體先期暨抵換專案推動原則」，選擇以 10 年(固定型)做為專案計入期，執行期間為 101 年 1 月 1 日~110 年 12 月 31 日，則於計入期內各年度之減量計算摘要如表 7 所示：

表 7 專案執行期間溫室氣體減量

年度 (民國)	基線排放量 (tCO ₂ e)	專案排放量 (tCO ₂ e)	洩漏排放量 (tCO ₂ e)	預期排放減量 (tCO ₂ e)
101	1,214	954	0	260
102	1,214	954	0	260
103	1,214	954	0	260
104	1,214	954	0	260
105	1,214	954	0	260
106	1,214	954	0	260
107	1,214	954	0	260
108	1,214	954	0	260
109	1,214	954	0	260
110	1,214	954	0	260
合計	12,140	9,540	0	2,600

(3)預設係數與參數說明

數據/參數	$W_{3, BL}$
數據單位	kW
描述	專案實施前個別泵浦設備之額定功率值
使用數據來源	設備型錄
數值	55.9
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	採用設備規格值
備註	-



數據/參數	$W_{1, BL}$ 、 $W_{2, BL}$ 、 $W_{4, BL}$ 、 $W_{5, BL}$
數據單位	kW
描述	專案實施前個別泵浦設備之功率值
使用數據來源	量測值
數值	44.7/44.7/74.6/74.6
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	以功率計測量
備註	-

數據/參數	$Q_{2, BL}$ 、 $Q_{1, BL}$
數據單位	LPM
描述	專案實施前，個別泵浦設備輸送之工作流體平均流量
使用數據來源	量測值
數值	6,000/10,000
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	以流量計測量
備註	-

數據/參數	$Q_{1, S}$ 、 $Q_{2, S}$
數據單位	LPM
描述	專案實施前，個別泵浦設備輸送之工作流體流量額定值
使用數據來源	設備型錄
數值	10,000/6,000
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	採用設備規格值
備註	$Q_{1, S}$ = 泵浦1、2流量額定值總和 =5,000+5,000=10,000 (LPM)

數據/參數	$T_{1,BL}、T_{2,BL}、T_{3,BL}、T_{4,BL}、T_{5,BL}$
數據單位	h
描述	專案實施前，個別泵浦設備年運轉時數
使用數據來源	抄錶紀錄
數值	8,640/8,640/4,160/8,640/8,640
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	每3個月統計1次
備註	

數據/參數	$T_{1,BL}、T_{2,BL}、T_{3,BL}$
數據單位	h
描述	專案實施前，各幹管群組泵浦設備年運轉時數
使用數據來源	抄錶紀錄
數值	8,640/4,160/8,640
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	每3個月統計1次
備註	

9 監測方法：

(1) 監測項目

數據/參數	$W_{4,PJ}、W_{5,PJ}$
數據單位	kW
描述	專案實施後，個別風扇/泵浦設備之平均功率值
使用數據來源	量測值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	70.8/70.8
將被採用的量測方法和步驟之描述	每3個月取樣測量1次設備功率。
將被應用的 QA/QC 步驟	確認專案實施前後量測位置等條件一致，並妥善保管數據資料。電錶應定期校正。
備註	-



數據/參數	$Q_{2,PJ}、Q_{1,PJ}$
數據單位	LPM
描述	專案實施後，幹管所屬風扇/泵浦設備輸送之工作流體流量
使用數據來源	量測值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	5,000/7,900
將被採用的量測方法和步驟之描述	每3個月測量1次
將被應用的QA/QC步驟	確認專案實施前後量測位置等條件一致，並妥善保管數據資料。流量計應定期校正。
備註	—

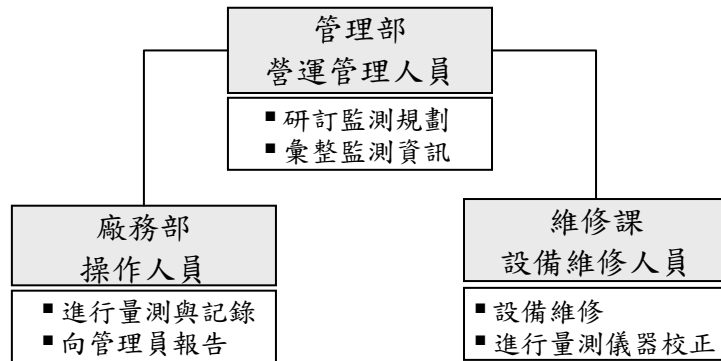
數據/參數	$T_{1,PJ}、T_{2,PJ}、T_{3,PJ}、T_{4,PJ}、T_{5,PJ}$
數據單位	h
描述	專案實施後，個別風扇/泵浦設備之年運轉時數
使用數據來源	抄錶紀錄
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	8,520/8,520/4,480/8,520/5,680
將被採用的量測方法和步驟之描述	每3個月統計1次
將被應用的QA/QC步驟	—
備註	—

數據/參數	$T_{1,PJ}、T_{2,PJ}、T_{3,PJ}$
數據單位	h
描述	專案實施後，各幹管群組泵浦設備年運轉時數
使用數據來源	抄錶紀錄
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	8,520/4,480/8,520
將被採用的量測方法和步驟之描述	每3個月統計1次
將被應用的QA/QC步驟	—
備註	—

數據/參數	EF_{ELEC}
數據單位	kgCO ₂ e/ kWh
描述	電力排放係數
使用數據來源	能源局公告值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	0.536
將被採用的量測方法和步驟之描述	每年確認電力排放係數之政府公告值是否更新
將被應用的 QA/QC 步驟	每年 1 次依公告值更新
備註	引用能源局公告 100 年度電力排放係數 (2012 年 9 月 14 日公告，調整後)

註：依環保署「溫室氣體查驗指引」規範，抵換專案相關資料保存至少至專案計入期或方案執行期間結束後的 2 年，故本專案資料保存年限設定為 12 年(專案計入期 10 年+2 年)。

(2) 監測系統之管理結構(組織架構與權責)



附件

國際 IPMVP/ 國內 M&V 績效驗證方式

選項	量測方式	計算方式	量測與驗證費用
A	<ul style="list-style-type: none"> 透過部分量測獨立改善設備的耗能來計算節能量，量測時間可短期或連續量測 部分量測代表某些耗能參數可以為約定值，但做約定時必須進行誤差分析，證明約定值總誤差造成節能量計算結果的影響不大 	<ul style="list-style-type: none"> 使用短時間或連續量測、約定值、電腦模擬與(或)歷史資料，進行節能效益計算 	<ul style="list-style-type: none"> 決定於量測點的多寡、約定內容的複雜程度、量測頻率，典型的費用約占 1~5% 的節能專案成本
B	<ul style="list-style-type: none"> 透過全部量測獨立改善設備的耗能來計算節能量，量測時間可短時或連續量測 全部量測代表全部耗能參數皆以量測獲得，而非約定 	<ul style="list-style-type: none"> 使用短時間或連續量測，進行節能效益計算 	<ul style="list-style-type: none"> 決定於量測點及系統型態，與分析及量測的條款，典型的費用約占 3~10% 的節能專案成本
C	<ul style="list-style-type: none"> 透過全部量測整廠的耗能來計算節能量，量測時間可短時或連續量測 通常是利用現有電力公司或燃料公司公表進行量測 	<ul style="list-style-type: none"> 藉由回歸分析，針對公表或分表之數據進行分析比較 	<ul style="list-style-type: none"> 決定於分析參數的數量及複雜程度，典型的費用約占 1~10% 的節能專案成本
D	<ul style="list-style-type: none"> 透過電腦模擬方式來求得節能量，獨立節能改善或證廠節能改善皆可適用 此選項需要大量模擬方面的技術與理論基礎 	<ul style="list-style-type: none"> 將耗能相關數據帶入模擬模型進行校正後，再計算節能效益 	<ul style="list-style-type: none"> 決定於分析系統的數量及複雜程度，典型的費用約占 3~10% 的節能專案成本

資料來源：陳輝俊，台灣 ESCO 節能績效量測與驗證之案例分析，2010。